

**ВОПРОС:**

В советские годы алюминий активно использовался при монтаже электрических сетей. В последние годы при реконструкции зданий и сооружений различного назначения алюминиевые провода постепенно заменяются на медные. Считается, что причиной такой замены является высокая хрупкость алюминия при изгибах, низкая механическая прочность при разрыве, а также его способность окисляться на воздухе с образованием защитной пленки, обладающей большим электрическим сопротивлением.

Почему же в настоящее время медные проводники предпочтительнее алюминиевых и во всех ли случаях следует выполнять такую замену?

ОТВЕТ:

Для большинства электромонтажников не секрет, что, помимо низкой прочности и хрупкости, наиболее значимыми минуса использования алюминия является его окисление на воздухе, свойство текучести (ползучести) под нагрузкой и формирование гальванической пары при попадании на него влаги. Возникают проблемы и при замене части алюминиевой проводки на медную.

Контактные соединения медных и алюминиевых проводников, подвергающиеся значительным перегревам, из-за больших переходных сопротивлений представляют повышенную пожарную опасность. Алюминий имеет отличающийся от меди температурный коэффициент расширения, что приводит к постепенному ухудшению контактного соединения между проводниками. Кроме того, такие соединения обязательно следует защищать от воздействия влаги с помощью покрытия двух металлов третьим, что зачастую занимает очень много времени. Серьезную проблему представляет образование на поверхности алюминия оксидной пленки, в результате чего алюминий плохо поддается пайке, так как температура плавления пленки составляет 2050 °С, а самого металла — 660 °С. Пленка с трудом поддается удалению, поэтому для этой цели следует пользоваться специальными кварце- или цинковазелиновыми пастами [1] и защитной электросетевой смазкой (ЗЭС). Саму пайку следует выполнять оловянно-свинцовыми припоями, содержащими не менее 50 % олова (ПОС50, ПОС61, ПОС90), а в качестве флюса (для удаления оксидов с поверхности) применять минеральное масло.

К пожароопасным ситуациям приводит и присущее алюминию свойство текучести в местах контактных зажимов (клеммные коробки, сжим под болт и т. п.). Алюминий, так же как медь и железо, имеет кубическую кристаллическую структуру. В узлах его атомных решеток вместо атомов находится определенное количество пустых мест (вакансий). Например, у распространенной марки алюминия АД0Е (международное обозначение 1350, содержание алюминия 99 %) таких вакансий в 20 раз больше, чем у стали и меди, поэтому при постоянной нагрузке в местах зажима структура алюминия ослабевает и металл начинает перемещаться из зоны с большим давлением в зону с меньшим. В конечном счете такой процесс приводит к ослаблению контакта и необходимости его периодической протяжки (обычно 1 раз в 6 мес.), что создает дополнительные сложности для электромонтажников.

При взаимодействии влаги с поверхностью алюминия происходит химическая реакция с образованием гальванических пар. В результате этого алюминий начинает выступать в роли отрицательного электрода с отделением от него частиц металла, что в итоге ведет к постепенному разрушению проводника и уменьшению площади его поперечного сечения, а значит, к дополнительному перегреву.

Еще одним известным недостатком алюминия является высокое удельное электрическое сопротивление ($\rho_{\text{Al}} = 0,0271 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$) по сравнению с медью ($\rho_{\text{Cu}} = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$). Этот факт в значительной степени влияет на величину допустимых длительных токов и сечения проводников, а значит, и на удобство их прокладки и монтажа. По этой причине применение проводов с меньшим сечением (т. е. медных) получило большее распространение в монтажной практике, а такие распространенные марки проводов с алюминиевыми жилами, как АПВ, АПРТО, АПР и др., почти не используются для устройства электропроводки в жилых и общественных зданиях.

С учетом этого согласно пп. 7.1.34 и 7.2.51 ПУЭ [2] допускается прокладка проводов с алюминиевыми жилами сечением не менее 16 мм². Для питания отдельных электроприемников, относящихся к инженерному оборудованию зданий (насосы, вентиляторы, калориферы, установки кондиционирования воздуха и т. п.), могут использоваться провода или кабели с алюминиевыми жилами сечением не менее 2,5 мм² [2]. Указанные требования пред-

ставлены также в ч. 15 актуализированной версии СП 31-110– 2003 (СП 256.1325800.2016) [3].

Все вышеперечисленные особенности алюминия и ограничения в его применении создают негативное отношение к нему и его использованию в качестве электропроводки.

В то же время у данного металла есть определенные преимущества. В первую очередь к ним можно отнести малый вес и низкую стоимость алюминия по сравнению с медью. Хотя вынужденное применение алюминиевых жил с большим сечением сводит на нет его преимущество в весе, низкая стоимость алюминия остается его важным достоинством. Именно поэтому на сегодняшний день при прокладке ЛЭП лучшим решением считается прокладка проводов известной марки СИП (самонесущий изолированный провод) с алюминиевыми жилами.

Если сравнить ресурс алюминиевой проводки с медной, то окажется, что он практически одинаков и не превышает 25–30 лет.

Окисление алюминия является не только его минусом, но и плюсом с позиции долговечности и неподверженности коррозии. При качественном выполнении изоляции жил можно добиться безопасной эксплуатации алюминиевой проводки и исключения ее окисления. Для отдельных видов производств даже предпочтительнее использовать алюминиевые проводники, так как медь подвергается воздействию химически агрессивной среды и быстро разрушается.

Для соединения алюминиевых проводов малых сечений выпускаются специальные зажимы, имеющие смазку, препятствующую окислению проводников, что позволяет добиться низких переходных сопротивлений в местах контакта. Такое соедине-

ние можно выполнить с использованием медно-алюминиевых гильз (ГМА), винтообразного соединения с установкой шайб Гровера (гровер, пружинные шайбы) и клемм с защитной пастой. Следует отметить, что такие клеммы следует применять только в осветительной сети с малой нагрузкой, так как протекание больших токов приводит к нагреву внутренних пружин клемм и ухудшению качества контакта.

С учетом современных разработок в области улучшения свойств и характеристик алюминия можно говорить о возможности его применения в качестве кабельного изделия для жилых и общественных зданий без действующих в настоящее время ограничений.

*Продолжение темы (часть 2)
см. в рубрике “Вопрос – Ответ” в № 7' 2017
журнала “Пожаровзрывобезопасность”.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 10434–82. Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (в ред. 25.05.1991). — Введ. 01.01.1983. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1982.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 6-е изд. — М. : Энергоатомиздат, 1986.
3. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. — Введ. 02.03.2017. — М. : Минстрой России, 2016.

*Ответ подготовили сотрудники кафедры специальной электротехники, автоматизированных систем и связи Академии ГПС МЧС России: канд. техн. наук, профессор, академик НАНПБ **В. Н. ЧЕРКАСОВ**; старший преподаватель **А. С. ХАРЛАМЕНКОВ** (e-mail: h_a_s@live.ru)*